MANUAL DE PRÁCTICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRÁCTICAS II

METALES

por

BEATRIZ ABENZA RUÍZ
MARÍA DEL MAR BARBERO BARRERA
FRANCISCO HERNÁNDEZ OLIVARES



CUADERNOS DEL INSTITUTO JUAN DE HERRERA DE LA *ESCUELA DE ARQUITECTURA DE MADRID*

2-85-02

MANUAL DE PRÁCTICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRÁCTICAS II

METALES

por

BEATRIZ ABENZA RUÍZ
MARÍA DEL MAR BARBERO BARRERA
FRANCISCO HERNÁNDEZ OLIVARES

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-85-02

C U A D E R N O S
D E L I N S T I T U T O
J U A N D E H E R R E R A

NUMERACIÓN

2 Área
51 Autor
09 Ordinal de cuaderno (del autor)

TEMAS

1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN
0 VARIOS

Manual de prácticas de Materiales de construcción.
Prácticas II. Metales.

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Almudena Gil Sancho.
CUADERNO 326.02 / 2-85-03
ISBN-13 (obra completa): 978-84-9728-361-8
ISBN-13: 978-84-9728-363-2
Depósito Legal: M-35151-2011

Este cuaderno forma parte de una serie en la que se recogen las prácticas de laboratorio a realizar en la asignatura de Materiales de Construcción correspondiente al segundo curso (tercer semestre) del Grado en Arquitectura de la Escuela Técnica Superior de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

PRÁCTICAS I:
Introducción
Propiedades físicas y mecánicas (ud. 2 y 3)

PRÁCTICAS II:
Metales (ud. 4)

PRÁCTICAS III:
Cerámica, vidrio y piedra natural-áridos (ud. 5, 6 y 7)

PRÁCTICAS IV:
Conglomerantes y conglomerados (ud. 8)
Hormigón (ud. 9)

PRÁCTICAS V:
Madera y productos vegetales (ud. 10)
Plásticos y bituminosos (ud. 11 y 12)

En concreto, en éste se recogen los siguientes ensayos:

Metales (ud. 4):
- Muestras de metales
- Caracterización de redondos
- Resistencia a tracción de metales
- Durabilidad de metales

METALES

MUESTRAS DE METALES FÉRRICOS

Nombre	Naturaleza y proceso de fabricación	Descripción organoléptica	Usos más habituales en construcción	Otros usos posibles

MUESTRAS DE METALES NO FÉRRICOS

Nombre	Naturaleza y proceso de fabricación	Descripción organoléptica	Usos más habituales en construcción	Otros usos posibles

DURABILIDAD DE METALES

(En colaboración con el profesor Santos García Álvarez)

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea. Este mecanismo, analizado desde un punto de vista termodinámico electroquímico, indica que el metal tiende a retornar al estado primitivo o de mínima energía. La mayor parte de los metales existen en la naturaleza en estado combinado, por ejemplo como óxidos, sulfuros, silicatos o carbonatos. En estos estados combinados la energía de los metales es más baja que cuando se encuentran en estado metálico, por lo que los metales tienden espontáneamente a reaccionar químicamente para formar compuestos. El fenómeno que conduce al deterioro progresivo de las propiedades metálicas queda designado por el término corrosión.

La corrosión es casi siempre de naturaleza electroquímica, es decir, una corriente eléctrica que circula entre determinadas zonas de la superficie del metal, conocidas con el nombre de ánodos y cátodos y tiene como característica fundamental que solo ocurre en presencia de una solución llamada electrolito capaz de conducir dicha corriente. Este conjunto constituye micro o macro pilas en las que la zona anódica es la que sufre los efectos de la corrosión.

Cuando los átomos del ánodo se disuelven para formar iones, los electrones que dejan libres hacen al ánodo negativo con respecto a la solución. Sus electrones pasan al cátodo a través de la masa metálica y allí neutralizan a los iones positivos. La corrosión, por tanto, es sostenida por procesos simultáneos anódicos y catódicos, que además tienen que acontecer a igual velocidad ya que no puede resultar una acumulación de carga de electrones e iones. Es decir, la velocidad total de oxidación debe ser igual a la velocidad total de reducción, o dicho de otro modo, los electrones generados en la oxidación deben ser consumidos en la reducción.

La reacción electroquímica total consiste en la suma de las reacciones de oxidación y de reducción (deben existir al menos una reacción de oxidación y una reacción de reducción). A menudo la reducción y la oxidación se denominan semirreacciones.

Esta corrosión de tipo electroquímico, característica de estructuras sumergidas o enterradas, es sumamente peligrosa, no por la pérdida de metal en sí, que suele ser pequeña, sino por tratarse de una corrosión localizada que puede ser origen de picaduras profundas.

Para que exista corrosión hemos visto la necesidad de que existan simultáneamente ánodos, cátodos y un electrolito. Estos ánodos y cátodos son micro o macropilas con una diferencia de potencial entre sus dos semielementos. Las micropilas pueden tener su origen en el metal o en el electrolito, siendo en cada caso provocadas por varios motivos.

Para que existan micropilas en el metal, es necesaria la presencia de heterogeneidades que pueden ser de varios tipos:

- De construcción: metales o aleaciones polifásicas.
- De estructura: fina, gruesa, deformada, etc.
- Mecánicas: creadas por tensiones externas o internas.
- Debidas a diferentes estados superficiales: grado de pulido, rayas, acoplamientos, óxidos.

Las micropilas debidas al electrolito o medio corrosivo pueden resultar de diferencias de temperatura, pH, concentración y, en particular, de diferencias en el contenido de oxígeno, formando las pilas de aireación diferencial que son una fuente importantísima de fenómenos de corrosión.

El reparto no uniforme de oxígeno es un importante factor de corrosión, independientemente de la naturaleza del metal; las partes más aireadas funcionan como cátodos y las menos aireadas (rayas, entrantes agudos, uniones con radio de curvatura insuficiente, etc.) como ánodos, y son, por consiguiente, atacados.

Las macropilas tienen su origen, por ejemplo, en uniones de metales distintos, o en diferencias de resistividad de suelos.
El problema de corrosión se da sobretodo en zonas expuestas a agentes corrosivos como pueden ser conducciones o recubrimientos exteriores los cuales, al estar en contacto con la atmósfera se deterioran fácilmente si no se toman medidas.

Debe tenerse cuidado al unir componentes de metal menos noble (más electronegativo) con otro más noble, sobretodo si el menos noble tiene un área pequeña en comparación con el otro metal. Si no se puede evitar dicho par galvánico, deberían aislarse eléctricamente las superficies en contacto, por ejemplo con pintura o barniz. Si sólo es posible pintar uno de los metales, éste debería ser el más noble.

REFERENCIAS

UNE-EN ISO 11130:1999 "Corrosión de metales y aleaciones. Ensayo de inmersiones alternadas en solución salina"

UNE-EN ISO 111300: 2001 ERRATUM "Corrosión de metales y aleaciones. Ensayo de inmersiones alternadas en solución salina"

UNE-EN ISO 12944-3:1998 "Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño"

PROCEDIMIENTO

Se desea saber cual de los siguientes pares de metales o aleaciones conectados entre sí provocará un mayor riesgo de corrosión galvánica en contacto con una solución al 3% NaCl:

- Hierro – cobre
- Hierro – zinc
- Hierro – níquel
- Hierro – aluminio
- Hierro – acero inoxidable
- Hierro – latón

Se lijan las probetas de acero con papel abrasivo de granulometría 600 y se procede a limpiarlas desengrasándolas con acetona y secarlas con aire caliente o con papel secante de manera cuidadosa (no tocar las probetas directamente con las manos).

Cada probeta de metal a estudiar debe tener un área de ensayo de $10cm^2$ aproximadamente (aislar la superficie que no se va a sumergir con cinta aislante de forma que se pueda establecer con precisión el área de ensayo).

Se colocan los pares de metal en estudio en un recipiente con la solución al 3% NaCl y se colocan las conexiones eléctricas de la forma que estén en contacto con la parte de la probeta no sumergida (Es importante no introducir los "cocodrilos" que sujetan las probetas en la disolución, con el fin de evitar falsear los datos obtenidos debido a que contienen partes de aluminio que pueden formar pares galvánicos).

En el multímetro se selecciona la toma de lecturas de corriente (mA). Se conecta la probeta de acero al borne de tierra y el otro metal al borne de medida de corriente.

Pasados 10 minutos de haber conectado el par galvánico se toma la lectura de la corriente (mA).

Al terminar el ensayo, se deben retirar las probetas y limpiarlas lo más meticulosamente posible para parar el proceso de corrosión, enjuagándolas con agua para limpiar los depósitos salinos higroscópicos, y secándolas posteriormente.

PRÁCTICA DE DURABILIDAD DE METALES

Nombre: **Nº exp:**

Par galvánico	Corriente galvánica (mA)

¿Cual de los pares galvánicos estudiados provoca mayor corrosión en el acero? Justifique su respuesta.

Si colocamos en la cumbrera de una cubierta inclinada una protección de zinc, ¿qué metales no podremos emplear como protección aguas abajo, para evitar par galvánico?

CARACTERIZACIÓN DE REDONDOS

En estructuras de hormigón, las armaduras pueden ser activas o pasivas, siendo éstas últimas las que aumentan su tensión conforme adquiere carga la estructura, a diferencia de las anteriores en las que la carga se aporta inicialmente mediante tensado.

De acuerdo con la instrucción EHE 2008, las barras rectas o rollos de acero, los alambres de acero corrugado o grafilado soldable pueden utilizarse en armaduras pasivas. Además de éstos, los alambres lisos de acero soldable está permitido emplearlos en elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas (EHE 2008. Art. 32.1). Mientras que, para las armaduras activas, se utiliza básicamente el alambre de acero de alta resistencia procedente del estirado en frío o trefilado de alambrón.

La denominación de las barras se designa según:

- Diámetro nominal de la barra, Ødiámetro. Este es el del núcleo de la barra, «respecto al cual se establecen las tolerancias. El área del mencionado círculo es la sección nominal» (EHE 2008: art. 32.1). De acuerdo, con la EHE pueden ser: 6-8-10-12-11-16-20-25-32-40 mm (EHE 2008: art. 32.1). Para la estimación de la sección nominal se adoptará como masa específica del acero el valor de 7850 kg/m^3.
- Letra indicativa del tipo de acero, pudiendo ser:
  - B: acero empleado para hormigón armado
  - AP: acero para armaduras pasivas
  - AB: armaduras básicas electrosoldadas en celosía
  - ME: acero para mallas electrosoldadas
- Límite elástico nominal garantizado, en MPa
- Letra indicativa del proceso de fabricación:
  - S: soldable con ductilidad normal
  - T: trefilado o laminación en frío
  - SD: soldable con características especiales de ductilidad

Así, una barra corrugada para estructuras de hormigón armado de 16 mm de diámetro nominal, con límite elástico 500 MPa, soldable de ductilidad normal, se designa como (UNE 36068 1994: art. 5):
Ø16 B500S, al que se puede añadir la norma a la que se ciñe (UNE 36068:1994)

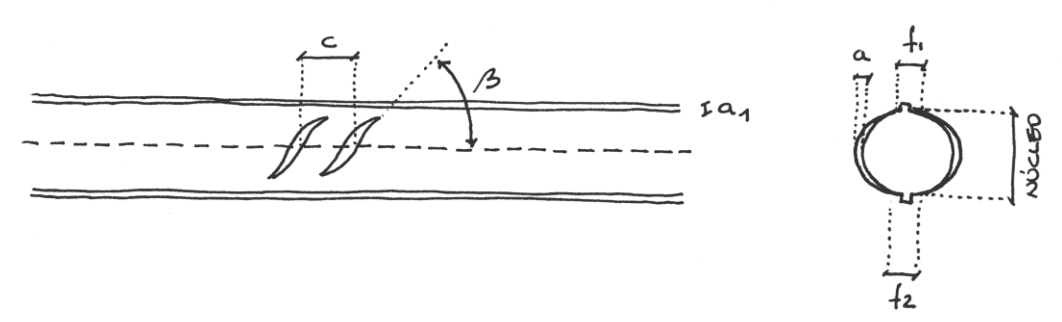
Por otra parte, la identificación visual del tipo de acero 400-500, S-SD, se realiza contando el número de barras sin regruesar dispuestas entre otras regruesadas a partir de lo que se denomina inicio de lectura. Éste se establece por la presencia de una corruga sin regruesar entre dos regruesadas. El sentido de lectura es de izquierda a derecha. Con el mismo método que para el inicio de la marca, esto es, un número determinado de corrugas sin regruesar entre medias de otras regruesadas, en primer lugar, a partir de la marca de inicio, se señala el país y, a continuación, el fabricante.

En el caso del país, el número de barras sin regruesar es de:
1: Austria, Alemania; 2: Bélgica, Países Bajos, Luxemburgo, Suiza; 3: Francia; 4: Italia; 5: Reino Unido, Irlanda, Islandia; 6: Dinamarca, Suecia, Noruega, Finlandia; 7: España, Portugal; 8: Grecia.

Mientras que para el fabricante, el número de barras sin regruesar es de:
3: Tetracero, S.A.; 4: Siderúrgica Sevillana, S.A.; 5: Cia. Española de Laminación S.L.; 6: Torras, Herrería y Construcciones, S.A.; 7: Marcial Ucin, S.A.; 8: Aceralia Productos Largos, S.A.; 9: Redunisa, Fabricado por Sidegasa; 10: Nervacero, S.A.; 11: Azma, S.A.; 12: Sidegasa; 13: Laforsa; 14: Esteban Orbegozo, S.A.; 15: Nervacero, S.A.; 16: Aceros corrugados, S.A.; 17: Megasa Siderúrgica, S.L.; 18. Nervacero, S.A.; 19: Artierro, S.A.; 20: A.G. Siderúrgica Balboa, S.A.; 21: Sin asignar; 22: Mallas Ucín Azpeitia, S.A.

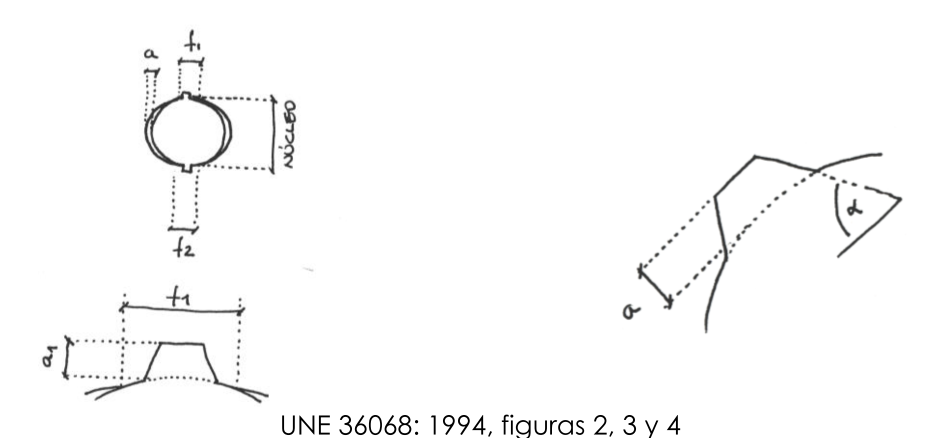
Además de la identificación del tipo de acero y de la procedencia de las barras a emplear, las barras corrugadas presentan ciertas características geométricas estandarizadas. Éstas están relacionadas con el núcleo, esto es, la parte de la barra sin corrugas ni aletas; mientras que las corrugas y las aletas son los resaltes dispuestos de forma inclinada respecto al eje longitudinal, en el primero de los casos (corrugas), y paralelos a dicho eje, en el otro (aletas). Entre los aspectos a tener en cuenta se encuentran:

- Diámetro equivalente (ø'): El diámetro equivalente es el correspondiente a una barra lisa de la misma masa por medio lineal que la barra corrugada.
- Altura máxima de las corrugas (a) y de la aleta (a_1): En la dirección normal al eje de la barra, es la distancia entre el punto más alto de la corruga o aleta y el núcleo de la barra (UNE 36068 1994: art. 3). El valor a adoptar será la media aritmética de las alturas máximas de tres corrugas consecutivas. «La altura mínima de corruga es de 0.065ø […] la altura máxima de la aleta, a1, cuando existan no será superior a 0.15ø» (Dapena 2009: 40-41).



UNE 36068: 1994, figuras 2, 3 y 4

- Separación de corrugas (c): Distancia entre corrugas consecutivas.
- Inclinación de la corruga (ß): ángulo que forma el eje de la corruga respecto al de la barra



UNE 36068: 1994, figuras 2, 3 y 4

Para los aceros de tipo 400, la inclinación de la corruga ha de ser β_1= (60±10)°. Para los de tipo 500, en función del tipo de acero empleado, además de la inclinación anterior pueden presentar otras dos: β2<75° y β3>45°, habiendo de ser la diferencia entre ellas igual o superior a 10° (UNE 36068 1994: art. 8.1).

- Inclinación de los flancos (α): ángulo que forma el eje de la corruga respecto al de la barra. Éste ha de ser, como mínimo, de 45°
- Perímetro sin corrugas (Σfi): Longitud del arco de circunferencia del núcleo sin corrugas.
- Perímetro sin corrugas (f), ha de ser como máximo, el 20% el perímetro de la barra, calculado a partir del diámetro nominal (UNE 36068: 1994).

REFERENCIAS

UNE 36-068: 1994 "Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado"

UNE 36068: 1996 "Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado", 1º Modificación

UNE 36099:1996 "Alambres corrugados de acero para armaduras de hormigón armado"

UNE 36811 IN:1998 "Barras corrugadas de acero para armaduras de hormigón armado. Códigos de identificación del fabricante".

PROCEDIMIENTO

Se determinan las características geométricas de las barras corrugadas, identificando, entre otras, el tipo de acero, el país de procedencia y el fabricante.

PRÁCTICA DE CARACTERIZACIÓN DE REDONDOS

Nombre: **Nº exp:**

Tabla de resultados:

	Tipo de acero	País	Fabricante
Probeta 1			
Probeta 2			

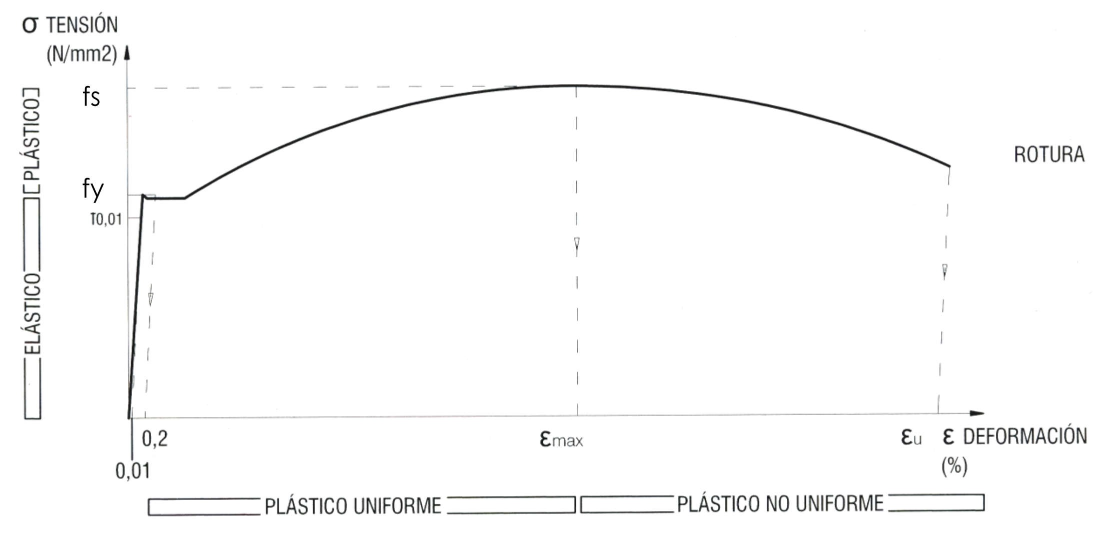
Tabla de resultados:

	Ø (mm)	Ø' (mm)	a	a_1	c	β_1	β_2	β_3
Probeta 1								
Probeta 2								

Deducir la expresión para la determinación del diámetro equivalente:

RESISTENCIA A TRACCIÓN DE METALES

El ensayo de resistencia a tracción en metales permite conocer no sólo el comportamiento mecánico de los mismos sino también su ductilidad siendo ésta última «la capacidad de un acero para deformarse plásticamente sin romperse, una vez superado su límite elástico» (UNE 36065 2000: ap. 3.1). En este sentido, la ductilidad del acero se estima a partir de lo que se conoce como "reserva plástica", esto es, la relación entre el límite elástico y la resistencia a tracción de los aceros.



Hurtado Mingo, C. et al (2008): "Estructuras de acero en edificación", APTA, página 27

Como resultado del mismo se obtiene una gráfica de tensión-deformación, similar a la obtenida en la figura anterior, en la que se distinguen las siguientes fases:

- Comportamiento elástico. Comprendida entre A y B, esta fase es la que dispone de un trazado lineal hasta alcanzar la tensión correspondiente al *límite elástico*, f_y, siendo ésta aquélla para la que se produce una deformación remanente, ε_L, del 0.2%.
- Fluencia. Comprendida entre B y C, tiene un trazado prácticamente horizontal que manifiesta una deformación plástica sin incremento de la carga. De acuerdo con la norma UNE EN 10002-5, se ha de distinguir entre "límite superior de cedencia (R_{eh})" y el "límite inferior de cedencia (R_{eL})" como el valor más elevado y reducido de carga unitaria, respectivamente, alcanzados durante la cedencia y despreciando fluctuaciones transitorias (UNE EN ISO 6892-1 2009: fig. 2).
- Comportamiento plástico uniforme. Comprendido entre C y D, en el que la deformación plástica está acompañada de un incremento continuo del nivel de tensión como consecuencia del "endurecimiento por acritud o en frío". Esta etapa se mantiene hasta alcanzar una *resistencia a tracción* máxima, f_s, o lo que es lo mismo, la relación entre la *carga unitaria de rotura* y la sección de la probeta ensayada.
- Comportamiento plástico no uniforme. Comprendido entre D y E, en el que la deformación plástica evoluciona de forma irregular al tiempo que la tensión a la que se somete la muestra disminuye. Esta zona se prolonga hasta alcanzar la rotura

A partir de la relación entre las cargas a las que se somete la probeta y su deformación en el periodo elástico, se determina el *módulo de elasticidad*, E, de acuerdo con la expresión:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\in} = \frac{\Delta P \cdot L_0}{\Delta L_0 \cdot A_0} = \frac{\Delta P/S}{\Delta L/L}$$

Siendo, S la sección media equivalente del redondo ensayado que, en mm², se determina según la expresión:

$$S = \frac{Peso(g)}{L(cm) \cdot 7{,}85(g/cm^3)} \cdot 100$$

que, de acuerdo con la UNE 36745 puede ser sustituido por el nominal cuando la diferencia entre una y otra sea inferior al 1% (UNE 36745 2004: ap. 3.2). Asimismo, dichos valores se tomarán tras someter la probeta, con anterioridad, a dos ciclos de carga y descarga que garantizarán el correcto funcionamiento del extensómetro y su ajuste.

El alargamiento que sufre la probeta está constituido por un determinado porcentaje elástico y otro plástico. Entre los valores más habituales empleados para la caracterización de elementos metálicos se emplean:

- Alargamiento concentrado de rotura, A, en porcentaje, es el incremento de longitud final, L_u, en relación a la longitud inicial, L_0. Dicho valor será válido si la rotura se produce, al menos, a 1/3 de distancia de la base de medida.

$$A = \varepsilon = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100$$

- Alargamiento bajo carga máxima, A_g, en porcentaje, es el incremento de longitud final, L_u, en relación a la longitud inicial, L_0, fuera de la zona de estricción. En concreto, la zona de lectura debe tomarse a una distancia superior a 2Ø ó ≥50 mm, respecto de la zona de rotura, y a 1Ø ó a una distancia igual o superior a 20 mm respecto a las fijaciones.

$$A_g = \varepsilon = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100$$

- Alargamiento bajo carga máxima total, A_{gt}, en porcentaje, es el incremento de longitud final, L_u, en relación a la longitud inicial, L_0, fuera de la zona de estricción considerando no sólo la deformación plástica sino también la elástica.

$$A_{gt} = A_g + \frac{f_s \cdot 100}{E}$$

- Coeficiente de estricción, Z, en porcentaje, es la máxima variación de la sección transversal que sufre la probeta objeto de ensayo, expresado en porcentaje, respecto a la sección transversal inicial, S_0.

$$Z = \eta = \frac{S_0 - S_U}{S_0} \cdot 100$$

REFERENCIAS

UNE 36065-EX: 2000 "Barras corrugadas de acero soldable con características especiales de ductilidad para armaduras de hormigón armado"

UNE 36420: 1998 "Determinación del alargamiento bajo carga máxima en productos de acero para armaduras de hormigón armado"

UNE 36745: 2004 "Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad en armaduras de acero para hormigón"

UNE EN ISO 2566-1 2000: “Acero. Conversión de valores de alargamiento. Parte 1: aceros al carbono y débilmente aleados”.

UNE EN ISO 2566-2 2000: “Acero. Conversión de valores de alargamiento. Parte 2: aceros austeníticos”.

UNE 73626-88: “Ensayo de tracción de cables y cordones de acero”.

UNE 7474-92: “Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 5: Método de ensayo a temperatura elevada”

UNE EN ISO 6892-1: 2010 “Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente”

UNE EN ISO 7500-1 2006: “Materiales metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza”

UNE EN ISO 7500-1 2006/AC: “Materiales metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza”

UNE EN ISO 26203-1 2010: “Materiales metálicos. Ensayo de tracción a velocidades de deformación elevadas. Parte 1: sistemas de tipo de barra elástica”.

PROCEDIMIENTO

Antes de iniciar el ensayo, la probeta se somete a una inspección visual para comprobar la ausencia de defectos superficiales, además se toma nota del tipo de probeta a ensayar, esto es, si son barras, productos planos, alambres, cables y cordones o productos huecos. En nuestro caso, las probetas que se emplean son barras corrugadas de la dimensión marcada por la distancia libre entre mordazas siendo ésta superior a veinte veces el diámetro nominal del redondo ensayado, cuando éste es inferior a 16 mm, o a diez veces, cuando sea mayor o igual a 16 mm. Asimismo, la longitud proporcional entre puntos o la base de medida, $L_o = k \cdot \sqrt{S_0} = 5.65 \cdot \sqrt{S_0} \geq 15mm$, se debe ubicar a una distancia razonable de las mordazas. En el caso de probetas cilíndricas dicha longitud es igual a cinco veces el diámetro.

Cuando la probeta dispone de un diámetro demasiado reducido y dicha relación no se cumple, se puede adoptar como valor de la constante k=11.3.

El ensayo se lleva a cabo entre 10-35ºC. Una vez comprobada la alineación de las mordazas, se coloca la probeta, se sujeta de tal forma que se deslice y se colocan sobre ella dos extensómetros, ubicados en dos generatrices opuestas, tal que garanticen una elongación solidaria con la probeta.

La velocidad de puesta en carga hasta el escalón de cedencia ha de estar comprendida entre 6-10 MPa/segundo (UNE 36745 2004: ap. 3.3.3). Superado el mismo, la velocidad puede incrementarse siempre y cuando no se supere la velocidad de deformación de $0.008s^{-1}$ (UNE EN ISO 6892-1 2009: ap. 10.4.2.6).

PRÁCTICA DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DE METALES

Nombre: **Nº exp:**

De una muestra disponible, se solicita:

Diámetro nominal de la probeta ensayada: mm

Sección nominal de la probeta: mm²
Sección equivalente del redondo ensayado: mm²

Alargamiento concentrado de rotura, A: %
Alargamiento bajo carga máxima, A_g: %
Alargamiento bajo carga máxima total, A_{gt}: %

Coeficiente de estricción, Z: %

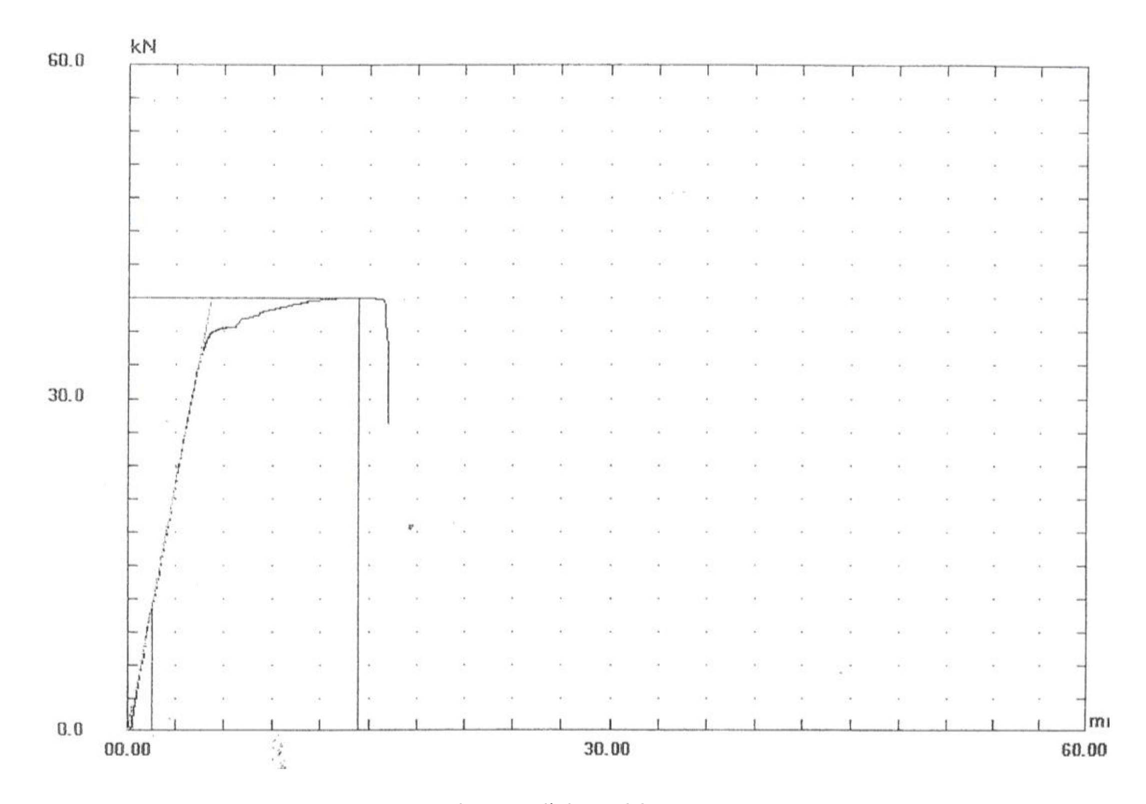
Por otra parte, en base a las gráficas de carga-alargamiento mostradas a continuación y obtenidas para un redondo de Ø=5 mm sometido a tracción, se pide:

Sección nominal del redondo ensayado: mm²

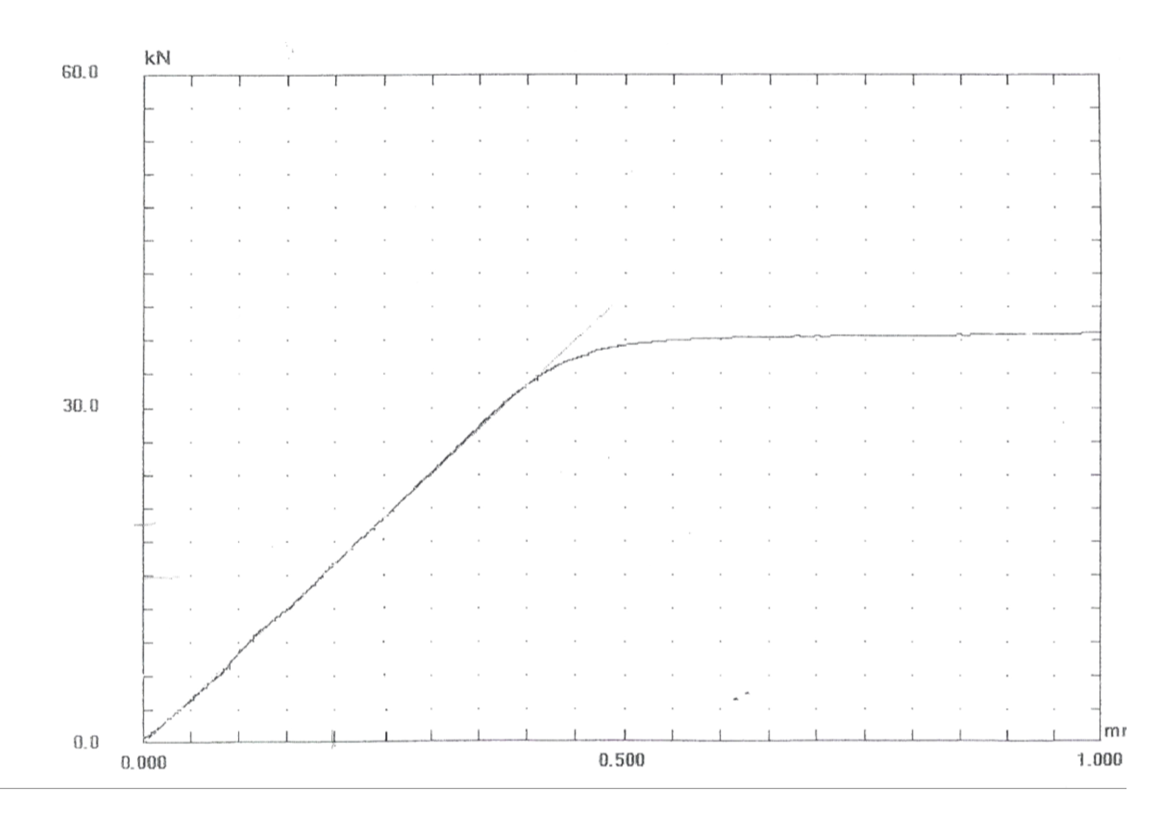
Resistencia a tracción, f_s: N/ mm²

Límite elástico convencional, f_y: N/mm²

Módulo de elasticidad, E: N/mm²



Base de medida: 180 mm
(gráfica cedida por la Escuela Universitaria de Ingenieros de Obras Públicas, UPM)



Base de medida del extensómetro: 50 mm
(gráfica cedida por Escuela Universitaria de Ingenieros de Obras Públicas, UPM)

CUADERNO



Cuadernos.ijh@gmail.com
info@mairea-libros.com

